第 46 講　電子と光子

1

以下の［　　］に当てはまる語句，数式を答えよ。

亜鉛などの金属に光を照射すると，金属が正に帯電することがある。これは，光を受けた金属から［(1)］が飛び出すためである。このような現象を［(2)］といい，飛び出してくる［(1)］を特に［(3)］という。

この現象の詳しい研究の結果，次のような特徴があることがわかった：

(Ⅰ)　光の振動数 ν がある ν_0 以上のときこの現象が起こる。ν_0 は金属によって異なる。ν_0 以上の振動数の光を当てると，［(3)］は光を当てた瞬間に飛び出す。

(Ⅱ)　飛び出す［(3)］の運動エネルギーの最大値は，光の強さによらず振動数 ν の増加とともに直線的に増加する。

(Ⅲ)　一定の振動数 ν の光を当てると，光の強さに比例して飛び出す［(3)］の数が増加する。

一般に波の運ぶエネルギーは，振幅の２乗と振動数の２乗に比例する。光が波であるとすると，［(3)］のエネルギーは光の強さに関係するはずであり，(Ⅱ)の特徴と矛盾する。したがって，上の現象は光を波動と考えたのでは理解しにくいことになる。

アインシュタイン（A. Einstein）は 1905 年，振動数 ν の光が金属に当たると，金属中の１個の［(1)］が１個の［(4)］の持つエネルギー［(5)］を吸収するとする仮説を提唱した。ここで，h はプランク定数である。金属中の１個の［(1)］を外に取り出すために必要なエネルギーを W とすると，照射する光の振動数 ν が，［(6)］の条件を満たすときには，いくら光を強くして［(4)］の数を増やしても１つ１つの［(1)］に与えられるエネルギーは W 未満なので，［(1)］は飛び出せない。一方，ν が［(7)］の条件を満たすときには，光がいくら弱くても１個の［(4)］を受け取った［(1)］は飛び出す。

このように，光は屈折や回折をする波と考えられてきたが，エネルギーのやり取りに関しては，１個，２個，…と数えられる粒子として振舞う場合があることが明らかとなった。

ⒸRECRUIT　HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT　HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

以下の文を読み下記の問に答えよ。

図1のような装置を用意して実験を行った。なお，電子の電荷を $-e$，光の速さを c，プランク定数を h とする。金属板Kに光を当てると電極Pに向かって光電子が飛び出す。この現象を (1) という。振動数および強さが一定の光をKに照射し，KP間の電圧を変えながら電流の変化を調べたところ図2のようになった。電圧が $-V_0$（$V_0>0$）のときに電流が0であることから，光電子の最大運動エネルギーは V_0 を用いて (2) と計算される。

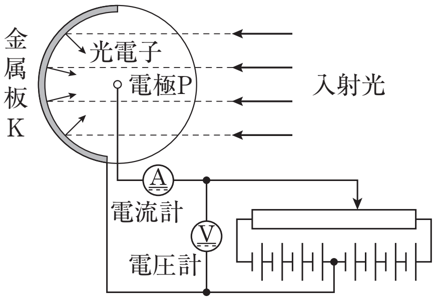


図1

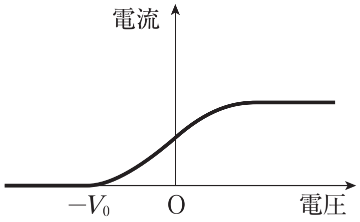


図2

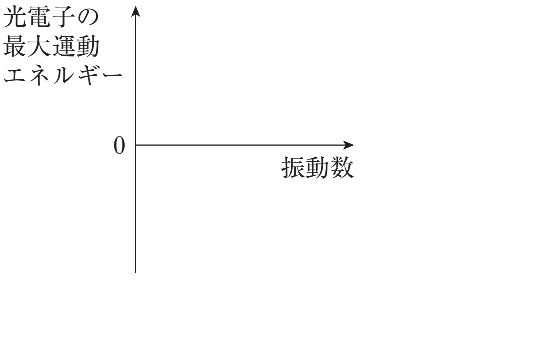
次に光の振動数を変えながら実験すると，振動数が ν_0 以下では光電子は飛び出さなかった。ν_0 を (3) という。ν_0 より大きな振動数 ν の光を当てたとき放出される光電子の最大エネルギーは， (4) と計算される。光電子が飛び出すために必要な最低エネルギーを (5) と呼び，これを W_0 で表すと $W_0=$ (6) である。なお，光の振動数が ν のとき，その波長 λ は $\lambda=$ (7) で求められる。

この実験で入射光の強度を増すと放出される光電子の数が増し， (8) は大きくなる。光電子の最大エネルギーは入射光の (9) にはよらず，入射光の (10) のみに依存する。

(a)　文章の □ の中に適当な語句や式を入れよ。

(b)　光の波長を変えずに強さを2倍にした場合の電流と電圧の関係を図2に書き込め。

(c)　飛び出す電子の最大エネルギーと入射光の振動数の関係をあらわすグラフの概略を次の図に示せ。また，W_0 とプランク定数 h はグラフのどの部分からわかるか，同図中に示せ。



©RECRUIT　HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT　HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3

プランク定数を 6.6×10^{-34} [J･s] として，以下の問に有効数字２桁で答えよ。

(1)　電子１個を電位差 100 [V] で加速する場合，電子の物質波としての波長はいくらか。ただし，電子の質量を 9.1×10^{-31} [kg]，電荷の大きさを 1.6×10^{-19} [C]，$\sqrt{182}\fallingdotseq13.5$ とする。

(2)　陽子１個を電位差 100 [V] で加速する場合，陽子の物質波としての波長はいくらか。ただし，陽子の質量を 1.7×10^{-27} [kg]，電荷を 1.6×10^{-19} [C]，$\sqrt{5.44}\fallingdotseq2.33$ とする。

(3)　原子間隔 1.0×10^{-10} [m] の結晶で電子波を回折させたい。電子波の波長を原子間隔と同程度にするためには，電子を何 [V] 程度で加速すればよいか。ただし，電子の質量を 9.1×10^{-31} [kg]，電荷の大きさを 1.6×10^{-19} [C] とする。

ⒸRECRUIT　HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT　HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 46 講　確認テスト

以下の文中の空欄に入る語句，数式として最も適当なものを以下の選択肢の中から一つずつ選び，その記号を答えよ。ただし，同じものを何度用いてもよい。

光は波としてだけでなく，粒子としての振る舞いも持っている。一般に波としての性質を［ 1 ］，粒子としての性質を［ 2 ］という。プランク定数を h，光子の振動数を ν，波長を λ として，光子のエネルギーは［ 3 ］，運動量は［ 4 ］である。

一方，電子も［ 1 ］を持つ。運動量 p の電子の物質波としての波長は［ 5 ］であり，電子１個を電位差 V で加速する場合，電子の物質波としての波長は［ 6 ］となる。ただし，電子の質量を m，電荷の大きさを e とする。

選択肢

①　粒子性　　②　波動性　　③　$\dfrac{h}{\sqrt{2meV}}$　　④　$\sqrt{\dfrac{2eV}{m}}$

⑤　$h\nu$　　⑥　$\dfrac{h}{\nu}$　　⑦　$h\lambda$　　⑧　$\dfrac{h}{\lambda}$　　⑨　hp　　⑩　$\dfrac{h}{p}$

ⒸRECRUIT　HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT　HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第46講　電子と光子

1

(1)　電子　(2)　光電効果　(3)　光電子　(4)　光子

(5)　$h\nu$　(6)　$\nu < \frac{W}{h}$　(7)　$\nu \geqq \frac{W}{h}$

2

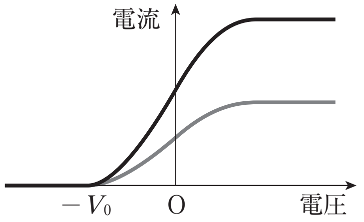
(a)

(1)　光電効果　(2)　eV_0　(3)　限界振動数　(4)　$h\nu - h\nu_0$

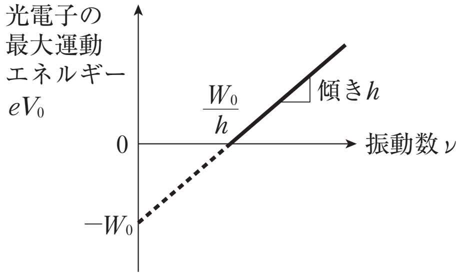
(5)　仕事関数　(6)　$h\nu_0$　(7)　$\frac{c}{\nu}$　(8)　(光)電流

(9)　強さ　(10)　振動数

(b)



(c)



3

(1)　1.2×10^{-10} [m]　(2)　2.8×10^{-12} [m]　(3)　1.5×10^{2} [V]

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 46 講　確認テスト

【解答】

1 ：②

2 ：①

3 ：⑤

4 ：⑧

5 ：⑩

6 ：③

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。